

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FR05/000684

International filing date: 21 March 2005 (21.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FR  
Number: 04 03038  
Filing date: 24 March 2004 (24.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 06 June 2005 (06.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

25 MARS 2005



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 16 MARS 2005

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr





26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

N° Indigo 0 825 83 85 87

0,15 € TTC/min

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

Réservé à l'INPI

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*03

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 @ W / 030103

REMISE DES PIÈCES

DATE **24 MARS 2004**LIEU **75 INPI PARIS 34 SP**

N° D'ENREGISTREMENT

**0403038**

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE

**24 MARS 2004**

PAR L'INPI

Vos références pour ce dossier

(facultatif) BFF 04P0166

**1** NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

CABINET LAVOIX  
2 Place d'Estienne d'Orves

75441 PARIS CEDEX 09

Confirmation d'un dépôt par télécopie

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

### 2 NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

☒

Demande de certificat d'utilité

☐

Demande divisionnaire

☐

Demande de brevet initiale

N°

Date

ou demande de certificat d'utilité initiale

N°

Date

Transformation d'une demande de

brevet européen *Demande de brevet initiale*☐

N°

Date

### 3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

Acier pour pièces mécaniques, procédé de fabrication de pièces mécaniques l'utilisant et pièces mécaniques ainsi réalisées.

### 4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ

OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE

LA DATE DE DÉPÔT D'UNE

DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

### 5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☒ Personne morale☐ Personne physiqueNom  
ou dénomination sociale

ASCOMETAL

Prénoms

Forme juridique

Société Anonyme

N° SIREN

3 3 1 0 4 8 1 3 2

Code APE-NAF

Domicile  
ou  
siège

Rue

Immeuble Le Colisée, 10 avenue de l'Arche, Faubourg de l'Arche

Code postal et ville

9 2 4 0 0 COURBEVOIE

Pays

FRANCE

Nationalité

Française

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

☐ S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»
Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

**BR2**

REMISE DES PIÈCES DATE <b>24 MARS 2004</b> LIEU <b>75 INPI PARIS 34 SP</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0403038</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	DB 540 W / 191203
<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b>		[Redacted]	
Nom			
Prénom			
Cabinet ou Société		CABINET LAVOIX	
Nationalité			
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	2 Place d'Estienne d'Orves	
	Code postal et ville	75 14 11 PARIS CEDEX 09	
	Pays	FRANCE	
N° de téléphone (facultatif)		01 53 20 14 20	
N° de télécopie (facultatif)		01 53 20 14 91	
Adresse électronique (facultatif)		brevets@cabinet-lavoix.com	
<b>7 INVENTEUR (S)</b>		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
		Choix à faire obligatoirement au dépôt (cf. Notice explicative Rubrique 8)	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]	
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b>		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/>	
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</b>  Ph. BLOT N° 98-0404		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI  	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

L'invention concerne le domaine de la sidérurgie, et plus particulièrement les aciers pour pièces mécaniques telles que des pignons.

Les aciers pour pignonnerie doivent avoir une grande résistance à la fatigue de contact. La plupart du temps, les pièces usinées à partir de ces  
5 aciers subissent un traitement de cémentation ou de carbonitruration, visant à leur procurer une dureté superficielle et une résistance mécanique suffisantes, tout en leur conservant une bonne ténacité à cœur grâce, notamment, à une teneur en carbone de l'ordre de 0,10 à 0,30% seulement. La teneur en carbone de la couche cémentée peut aller jusqu'à 1% environ.

10 Divers documents décrivent des aciers de pignonnerie destinés à être cémentés. On peut citer US-A-5 518 685, dans lequel les teneurs en Si et Mn sont maintenues dans des limites relativement basses (0,45 à 1% et 0,40 à 0,70% respectivement) pour éviter une oxydation intergranulaire lors de la cémentation. JP-A-4-21757 décrit des aciers pour pignonnerie destinés à être  
15 cémentés par plasma ou sous pression réduite, puis grenailés, pouvant avoir des teneurs en Si et Mn plus élevées que les précédents. Ils ont une haute résistance à la pression superficielle subie par le pignon, dont la durée de vie est ainsi élevée.

WO-A-03 012 156 propose un acier pour pièces mécaniques, telles  
20 que des pignons, dont la composition est :  $0,12\% \leq C \leq 0,30\%$  ;  $0,8\% \leq Si \leq 1,5\%$  ;  $1,0\% \leq Mn \leq 1,6\%$  ;  $0,4\% \leq Cr \leq 1,6\%$  ;  $Mo \leq 0,30\%$  ;  $Ni \leq 0,6\%$  ;  $Al \leq 0,06\%$  ;  $Cu \leq 0,30\%$  ;  $S \leq 0,10\%$  ;  $P \leq 0,03\%$  ;  $Nb \leq 0,050\%$ . Cet acier présente l'avantage de minimiser les déformations plastiques en service de l'ensemble de la pièce, grâce, notamment, à un équilibrage judicieux des teneurs en  
25 silicium et manganèse. De préférence, la cémentation ou la carbonitruration doit avoir lieu dans des conditions non-oxydantes, par exemple sous pression réduite, pour que les teneurs relativement élevées en silicium et manganèse ne conduisent pas à des problèmes d'oxydation intergranulaire.

Habituellement, la cémentation ou la carbonitruration a lieu à une  
30 température de l'ordre de 850 à 930°C. Cependant, la tendance actuelle est de chercher à effectuer cette opération à des températures plus élevées (cémentation ou carbonitruration à haute température), de l'ordre de 950 à 1050°C. Cette augmentation de la température de traitement permet soit de réduire la durée du traitement, à profondeur cémentée égale, soit d'augmenter

la profondeur cémentée, à durée de traitement égale. Au choix du producteur, on peut ainsi augmenter la productivité de l'installation, ou augmenter les performances des produits obtenus.

5 Cependant, l'application d'une cémentation ou carbonituration haute température aux aciers connus qui ont été décrits pose plusieurs problèmes. En premier lieu, la température élevée peut conduire à une croissance des grains mal maîtrisée, néfaste pour les propriétés mécaniques de la pièce. D'autre part, la cémentation ou la carbonituration est suivie d'une trempe au cours de laquelle la pièce subit des déformations. Celles-ci peuvent nécessiter  
10 une reprise d'usinage de la pièce, voire dans les cas les plus graves, entraîner sa mise au rebut. Ces problèmes sont accentués lorsque la trempe a lieu sur une pièce venant de subir une cémentation ou une carbonituration à haute température et non à une température plus habituelle.

Le but de l'invention est de proposer aux métallurgistes pratiquant la  
15 cémentation ou la carbonituration à haute température de pièces mécaniques, notamment des pignons, un acier répondant aux problèmes précédemment cités tout en conservant les propriétés mécaniques requises, et qui soit également compatible avec les opérations de cémentation et carbonituration effectuées à des températures plus habituelles.

20 A cet effet, l'invention a pour objet un acier pour pièces mécaniques, caractérisé en ce que sa composition est, en pourcentages pondéraux :

- $0,19\% \leq C \leq 0,25\%$  ;
- $1,1\% \leq Mn \leq 1,5\%$  ;
- $0,8\% \leq Si \leq 1,2\%$  ;
- 25 -  $0,01\% \leq S \leq 0,09\%$  ;
- $\text{traces} \leq P \leq 0,025\%$  ;
- $\text{traces} \leq Ni \leq 0,25\%$  ;
- $1\% \leq Cr \leq 1,4\%$  ;
- $0,10\% \leq Mo \leq 0,25\%$  ;
- 30 -  $\text{traces} \leq Cu \leq 0,30\%$  ;
- $0,010\% \leq Al \leq 0,045\%$  ;
- $0,010\% \leq Nb \leq 0,045\%$  ;
- $0,0130\% \leq N \leq 0,0300\%$  ;
- optionnellement  $\text{traces} \leq Bi \leq 0,10\%$  et/ou  $\text{traces} \leq Pb \leq 0,12\%$

et/ou traces  $\leq$  Te  $\leq$  0,015% et/ou traces  $\leq$  Se  $\leq$  0,030% et/ou traces  $\leq$  Ca  $\leq$  0,0050% ;

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique étant ajustée pour que les valeurs moyennes  $J_{3m}$ ,  $J_{11m}$ ,  $J_{15m}$  et  $J_{25m}$  de

5 cinq essais Jominy soient telles que :

$$\alpha = | J_{11m} - J_{3m} \times 14/22 - J_{25m} \times 8/22 | \leq 2,5 \text{ HRC ; et}$$

$$\beta = J_{3m} - J_{15m} \leq 9 \text{ HRC.}$$

De préférence, sa composition est ajustée pour que

$$\beta = J_{3m} - J_{15m} \leq 8 \text{ HRC.}$$

10 Des gammes préférées pour certains éléments sont :

$$- 0,20\% \leq C \leq 0,25\% ;$$

$$- 0,85\% \leq Si \leq 1,10\% ;$$

$$- \text{traces} \leq P \leq 0,020\% ;$$

$$- 0,010\% \leq Al \leq 0,035\% ;$$

$$15 \quad - 0,015\% \leq Nb \leq 0,040\%.$$

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une pièce mécanique en acier cémentée ou carbonitrurée, caractérisé en ce qu'on utilise à cet effet un acier du type précédent sur lequel on réalise un usinage, une cémentation ou une carbonituration puis une trempe.

20 De préférence, ladite cémentation ou carbonituration a lieu à une température de 950 à 1050°C.

L'invention a également pour objet une pièce mécanique en acier, telle qu'une pièce de pignonnerie, caractérisée en ce qu'elle est obtenue par le procédé précédent.

25 Comme on l'aura compris, l'invention repose sur un ajustement précis des fourchettes de teneurs des principaux éléments d'alliages, ainsi que sur la présence simultanée, dans des teneurs bien définies, d'aluminium, niobium et azote.

Les effets recherchés sont essentiellement de deux ordres.

30 En premier lieu, le choix des teneurs en les principaux éléments d'alliage vise à obtenir une courbe Jominy sans point d'inflexion significativement marqué. Cette condition permet d'obtenir des déformations minimales au cours de la trempe. De ce point de vue, la cémentation ou la



carbonitruration effectuée à haute température est, comme on l'a dit, particulièrement exigeante.

On rappelle que la courbe Jominy d'un acier, qui est obtenue au moyen d'un essai classique et normalisé, caractérise la trempabilité de l'acier. Elle est obtenue en mesurant la dureté d'une éprouvette cylindrique, trempée par un jet d'eau arrosant l'une de ses extrémités, le long d'une de ses génératrices. La dureté est mesurée à plusieurs distances  $x$  (en mm) de l'extrémité arrosée, et la valeur correspondante est désignée par  $J_x$ . On appelle  $J_{xm}$  la valeur moyenne obtenue au cours de cinq essais de mesure de la dureté à la distance  $x$ .

Comme exposé dans le document EP-A-0 890 653 auquel le lecteur est invité à se reporter pour de plus amples détails, la demanderesse avait montré qu'une composition de l'acier procurant une courbe Jominy sans point d'inflexion était favorable à l'obtention de déformations très réduites au cours de la trempe suivant une cémentation ou une carbonitruration. Cette courbe Jominy sans point d'inflexion est obtenue lorsque les valeurs  $J_{11m}$ ,  $J_{3m}$ ,  $J_{25m}$  et  $J_{15m}$  satisfont les relations suivantes :

- $\alpha = |J_{11m} - J_{3m} \times 14/22 - J_{25m} \times 8/22| \leq 2,5 \text{ HRC}$  ;
- $\beta = J_{3m} - J_{15m} \leq 9 \text{ HRC}$ , ou mieux  $\leq 8 \text{ HRC}$ .

La composition de l'acier selon la présente invention est donc ajustée pour que cette relation soit également obtenue dans son cas.

La composition est également ajustée, notamment grâce à la présence conjointe d'aluminium, niobium et azote dans des teneurs définies, pour que la taille des grains demeure contrôlée, même lorsque la cémentation ou la carbonitruration a lieu à haute température.

Enfin, bien entendu, la composition de l'acier doit procurer les propriétés mécaniques recherchées pour l'utilisation de la pièce. Parmi les critères à surveiller plus particulièrement on peut citer la profondeur cémentée (classiquement définie par la profondeur à laquelle la dureté mesurée est de 550 HV), l'écart de dureté entre la surface et le cœur de la pièce cémentée qui doit être le plus faible possible pour minimiser les déformations à la trempe, et la dureté à cœur qui doit être élevée pour que la pièce ait une bonne réponse aux contraintes en service, et donc une bonne tenue en endurance et en fatigue.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, donnée en référence à la figure annexée, qui montre les courbes Jominy de deux aciers de référence et de trois aciers conformes à l'invention.

L'acier selon l'invention est destiné prioritairement à la fabrication de  
5 pièces mécaniques fortement sollicitées telles que des éléments de pignonnerie, destinées à être cémentées ou carbonitrurées (de préférence à basse pression ou sous atmosphère non oxydante pour éviter une oxydation des éléments les plus oxydables), aussi bien à des températures usuelles de 850-930°C environ qu'à des hautes températures de l'ordre de 950-1050°C.  
10 Ces pièces doivent présenter une haute endurance en fatigue, une bonne ténacité et n'être que faiblement déformées lors des traitements thermiques tels que la trempe suivant la cémentation ou la carbonituration. Il a la composition suivante (tous les pourcentages sont des pourcentages pondéraux).

15 Sa teneur en carbone est comprise entre 0,19 et 0,25%. ces teneurs sont usuelles pour des aciers de pignonnerie. D'autre part, cette plage autorise un ajustement des teneurs des autres éléments qui permet d'obtenir la forme désirée pour la courbe Jominy. La teneur minimale de 0,19% est, de plus, justifiée par la dureté à cœur après trempe qu'elle permet d'obtenir. Au-delà de  
20 0,25%, la dureté risque d'être trop élevée pour conserver à l'acier l'usinabilité souhaitable. La gamme préférentielle est 0,20-0,25%.

Sa teneur en manganèse est comprise entre 1,1 et 1,5%. La valeur minimale est justifiée par l'obtention de la courbe Jominy désirée en  
25 conjonction avec les teneurs des autres éléments. Au-delà de 1,5% il y a le risque d'apparition de ségrégations, et aussi de structures de bandes pendant les recuits. De plus une teneur aussi élevée provoquerait lors de l'élaboration une attaque excessive du revêtement réfractaire de la poche d'aciérie. Il ne serait pas souhaitable de resserrer davantage cette gamme de teneurs, car  
l'obtention à l'aciérie de la nuance précise désirée pourrait être exagérément  
30 difficile.

Sa teneur en silicium est comprise entre 0,8 et 1,2%. Dans cette gamme, la forme désirée de la courbe Jominy peut être obtenue en conjonction avec les teneurs des autres éléments. La valeur minimale de 0,8% est justifiée par l'obtention de la dureté à cœur désirée, ainsi que par la limitation de l'écart

de dureté entre surface et cœur après cémentation ou carbonitruration. Au-delà de 1,2%, il y a un risque d'apparition de ségrégations excessives, car le silicium, s'il ségrège peu lui-même, tend à accentuer la ségrégation d'autres éléments. Il y aurait également un risque accru d'oxydation lors de la  
5 cémentation ou de la carbonitruration. La gamme préférentielle est 0,85-1,10%.

Sa teneur en soufre est comprise entre 0,01 et 0,09%. la valeur minimale se justifie pour l'obtention d'une usinabilité correcte. Au-delà de 0,09% il y a un risque de diminution trop sensible de la forgeabilité à chaud.

Sa teneur en phosphore est comprise entre des traces et 0,025%. De  
10 manière générale, les normes en vigueur tendent à requérir une teneur maximale en phosphore de cet ordre. De plus, au-delà de cette valeur, il y a un risque de synergie avec le niobium provoquant une fragilisation de l'acier lors de la mise en forme à chaud et/ou de la coulée continue de l'acier sous forme de blooms ou de billettes. De préférence, la teneur en phosphore est d'au plus  
15 0,020%.

Sa teneur en nickel est comprise entre des traces et 0,25%. Cet élément, introduit volontairement à des teneurs plus élevées, augmenterait inutilement le coût du métal. Dans la pratique, on pourra se contenter de la teneur en nickel résultant naturellement de la fusion des matières premières de  
20 la coulée, sans ajout volontaire.

Sa teneur en chrome est comprise entre 1,00 et 1,40%. Dans cette gamme, en conjonction avec les teneurs des autres éléments, on peut obtenir la forme de la courbe Jominy désirée. De plus, la teneur minimale de 1,00% permet d'obtenir une bonne dureté à cœur. Au-delà de 1,40%, on augmenterait  
25 inutilement le coût de l'élaboration.

Sa teneur en molybdène est comprise entre 0,10 et 0,25%. Dans cette gamme, en conjonction avec les teneurs des autres éléments, on obtient la forme de la courbe Jominy et la dureté à cœur désirées.

Sa teneur en cuivre est comprise entre des traces et 0,30%. Là encore,  
30 comme pour le nickel, on conservera généralement purement et simplement la teneur obtenue après fusion des matières premières. Au-delà de 0,30%, on dégraderait la ductilité et la ténacité à cœur de la pièce.

Ses teneurs en aluminium, niobium et azote doivent être contrôlées dans des limites précises. En effet, ce sont des éléments qui, en interaction,

procurent un contrôle de la finesse du grain du métal. Cette finesse est désirable pour l'obtention d'une bonne ténacité dans la couche cémentée ou carbonitrurée, d'une bonne tenue en fatigue et d'une réduction de la dispersion de la déformation lors de la trempe. De plus, elle a aussi son importance dans l'obtention de la forme désirée de la courbe Jominy. Le contrôle de la taille du grain est, dans le cadre de l'invention, d'autant plus important que l'acier doit être capable de subir une cémentation ou carbonituration à haute température sans que survienne une croissance excessive de la taille du grain.

Ce contrôle du grain se fait essentiellement par la précipitation de nitrures et carbonitrures d'aluminium et/ou de niobium. Pour l'obtenir, il faut donc une présence significative de ces deux éléments, ainsi que d'azote à une teneur sensiblement supérieure à celle que l'on obtient habituellement à la suite d'une élaboration effectuée dans des conditions normales.

La teneur en aluminium doit être comprise entre 0,010 et 0,045%. Outre sa fonction de contrôle du grain déjà citée, cet élément pilote la désoxydation de l'acier et sa propreté en termes d'inclusions d'oxydes. En-dessous de 0,010%, ses effets, de ces derniers points de vue, seraient insuffisants. Au-dessus de 0,045%, la propreté en inclusions d'oxydes risque d'être insuffisante pour les applications visées prioritairement. La gamme préférentielle est 0,010-0,035%.

La teneur en niobium doit être comprise entre 0,010 et 0,045%. En-dessous de 0,010% l'effet de contrôle du grain ne serait pas suffisant, en particulier pour les plus basses teneurs en aluminium. Au-dessus de 0,045%, il y a un risque d'apparition de criques lors de la coulée continue de l'acier, notamment si une synergie avec le phosphore peut se produire, comme on l'a signalé plus haut. La gamme préférentielle est 0,015-0,040%.

En conjonction avec les teneurs en aluminium et niobium telles qu'elles ont été citées, la teneur en azote doit être comprise entre 0,0130 et 0,0300% (130 à 300 ppm), afin que l'ajustement de la taille du grain et la forme de la courbe Jominy désirés soient obtenus.

Si cela apparaît désirable, on peut ajouter à l'acier un ou plusieurs des éléments classiquement connus pour améliorer son usinabilité : plomb, tellure, sélénium, calcium, bismuth notamment. Leurs teneurs maximales sont 0,10% pour Bi, 0,12% pour Pb, 0,015% pour Te, 0,030% pour Se et 0,0050% pour Ca.

Les autres éléments sont ceux habituellement présents dans l'acier en tant qu'impuretés résultant de l'élaboration, et ne sont pas rajoutés volontairement. Il faut, en particulier, veiller à ce que la teneur en titane ne dépasse pas 0,005%. En effet, comme l'acier selon l'invention est très riche en azote, au-delà de cette teneur il y aurait un risque de formation de nitrures et/ou de carbonitrures de titane grossiers, visibles par micrographie, qui diminueraient la tenue en fatigue et altèreraient l'usinabilité. De plus le titane capturerait ainsi de l'azote qui ne serait plus disponible pour le contrôle du grain.

L'invention va être à présent illustrée au moyen d'exemples. La figure annexée montre les courbes Jominy de quatre aciers dont les compositions sont données dans le tableau 1. Les aciers A et B sont des aciers de référence. Les aciers C, D et E sont, eux, conformes à l'invention.

Acier	C%	Mn%	Si%	S%	P%	Ni%	Cr%	Mo%	Cu%	Al%	Ti%	Nb%	N%
A (ref.)	0,236	0,888	0,224	0,015	0,011	0,011	1,194	0,014	0,010	0,021	traces	traces	0,0124
B (ref.)	0,195	1,188	0,069	0,023	0,012	0,208	1,228	0,096	0,162	0,021	traces	0,030	0,0179
C (inv.)	0,230	1,287	0,920	0,018	0,017	0,201	1,269	0,200	0,211	0,032	traces	0,025	0,0174
D (inv.)	0,201	1,453	1,191	0,041	0,014	0,139	1,381	0,246	0,122	0,031	0,038	0,002	0,0243
E (inv.)	0,241	1,254	0,852	0,015	0,010	0,189	1,121	0,111	0,109	0,012	0,016	traces	0,0141

Tableau 1 : Compositions des échantillons

Dans le cas de l'échantillon A, la grandeur  $\alpha$  telle que définie plus haut est égale à 8,7, et la grandeur  $\beta$  telle que définie plus haut est égale à 19,1. Elles se situent donc très au-dessus du maximum exigé par l'invention. De fait, on voit que la courbe Jominy présente un point d'inflexion très marqué.

Dans le cas de l'échantillon B,  $\alpha$  est égale à 2,38 et  $\beta$  est égale à 11,1.  $\beta$  n'est donc pas conforme aux exigences de l'invention, et la courbe Jominy présente elle aussi un point d'inflexion significatif, bien que cet acier contienne

du niobium et de l'azote dans les limites prescrites. La raison essentielle en est que sa teneur en silicium est insuffisante.

En revanche, pour l'échantillon C selon l'invention  $\alpha$  est égale à 0,41 et  $\beta$  est égale à 2,7. Les conditions requises sont satisfaites et on voit que la  
5 courbe Jominy est quasiment rectiligne et dépourvue de point d'inflexion.

De même, pour l'échantillon D selon l'invention,  $\alpha$  est égale à 0,23 et  $\beta$  est égale à 3,7. Là encore, sa courbe Jominy est quasiment rectiligne et dépourvue de point d'inflexion.

De même, pour l'échantillon E selon l'invention,  $\alpha$  est égale à 0,83 et  $\beta$   
10 est égale à 6,6. Sa courbe Jominy est quasiment rectiligne et dépourvue de point d'inflexion marqué.

On a également étudié le comportement à la cémentation des aciers A, B et C du tableau 1, dans des conditions de température usuelles et à haute température.

Des cémentations à température usuelle (930°C) ont été réalisées sous  
15 basse pression dans des conditions similaires sur des échantillons cylindriques. Ces cémentations ont été suivies de trempes en milieu gazeux (en l'occurrence dans de l'azote, mais un mélange azote-hydrogène à 10% d'hydrogène aurait, par exemple, pu être utilisé) dans deux conditions de pression différentes : 5  
20 bars et 20 bars. On visait ainsi à obtenir une dureté superficielle de 700 à 800 HV et une profondeur cémentée (à savoir la profondeur à laquelle la dureté est de 550 HV) de 0,50 mm. Les résultats sont donnés dans le tableau 2 (essais à 5 bars) et dans le tableau 3 (essais à 20 bars).

Acier	Dureté HV en surface	Profondeur cémentée (mm)	Dureté HV à cœur hors zone cémentée
A (ref.)	760	0,35	263
B (ref.)	760	0,50	408
C (inv.)	780	0,48	426

25 Tableau 2: Comportement à la cémentation dans le cas d'une trempe en milieux gazeux à 5 bars

Acier	Dureté HV en surface	Profondeur cémentée (mm)	Dureté HV à cœur hors zone cémentée
A (ref.)	780	0,45	318
B (ref.)	720	0,55	423
C (inv.)	750	0,55	524

Tableau 3: Comportement à la cémentation dans le cas d'une trempe en milieux gazeux à 20 bars

5 Ces essais montrent que l'acier de référence A ne permet pas d'atteindre aisément la profondeur cémentée recherchée. Cela est dû à son manque de trempabilité.

L'acier de référence B et l'acier selon l'invention C permettent tous deux d'obtenir la profondeur cémentée visée, dans des conditions de  
10 température de cémentation usuelles.

L'écart  $\Delta HV$  entre la dureté superficielle et la dureté à cœur est très comparable, pour un milieu de trempe à 5 bars, dans les cas de l'acier de référence B et de l'acier selon l'invention C ( $\Delta HV =$  respectivement 352 et 354), et très inférieur à ce qu'il est pour l'acier de référence A ( $\Delta HV = 497$ ). Pour un  
15 milieu de trempe à 20 bars, en revanche,  $\Delta HV$  est nettement moins favorable pour l'acier de référence B que pour l'acier de l'invention C ( $\Delta HV =$  respectivement 297 et 226). Il en résulte que les contraintes résiduelles générées par ces écarts de dureté, qui sont à l'origine des déformations lors de la trempe dans des conditions sévères sur les pièces cémentées, peuvent être  
20 minimisées par l'utilisation d'aciers selon l'invention.

Enfin, les duretés à cœur les plus élevées sont obtenues avec l'acier C selon l'invention. Donc, dans le cas de pièces de pignonnerie fortement sollicitées en service pour lesquelles sont recherchées des caractéristiques mécaniques élevées (notamment des duretés élevées sous la couche  
25 cémentée et à cœur), supérieures aux contraintes auxquelles la pièce est soumise en service, de façon à assurer une bonne endurance en fatigue en

service, l'acier selon l'invention est celui qui, pour des conditions de cémentation données, se prêtera le mieux à une endurance en fatigue élevée en service.

On a également réalisé des essais de cémentation à haute température (980°C) sur des échantillons cylindriques des aciers A de référence et C selon l'invention décrits précédemment. Dans les deux cas, on visait une dureté superficielle de 700 à 800 HV et une profondeur cémentée, à dureté de 550 HV, de 0,50 mm. La trempe en milieu gazeux (azote) qui a suivi la cémentation a eu lieu sous une pression de 20 bars pour l'acier A et seulement 1,5 bar pour l'acier C. Les résultats sont présentés dans le tableau 4. On y présente aussi des évaluations de la taille de grain selon la norme ASTM.

Acier	Dureté HV en surface	Profondeur cémentée (mm)	Dureté HV à cœur hors zone cémentée	Taille de grain ASTM dans couche cémentée	Taille de grain ASTM hors couche cémentée
A (ref.)	740	0,50	312	7/9	8/9
C (inv.)	740	0,70	500	8/9	9/10

Tableau 4: Comportement à la cémentation dans le cas d'une trempe en milieux gazeux à 20 bars (acier A) et 1,5 bar (acier C)

Comme dans le cas de la cémentation à température usuelle de 930°C, les deux aciers permettent d'atteindre la dureté superficielle visée.

L'invention permet d'obtenir une profondeur cémentée sensiblement plus importante que dans le cas de la référence, bien que celle-ci ait été trempée dans des conditions beaucoup plus sévères qui sont connues pour faire augmenter la profondeur cémentée toutes choses étant égales par ailleurs.

L'écart de dureté entre surface et cœur est nettement plus faible dans le cas de l'invention que dans le cas de la référence ( $\Delta HV$  = respectivement 240 et 428). Les avantages cités plus haut en matière de déformations lors de



la trempe après une cémentation à température usuelle se retrouvent également ici, encore plus accentués.

La dureté à cœur est plus élevée dans le cas de l'invention que dans le cas de la référence, malgré une pression du milieu de trempe beaucoup plus faible. Les conséquences sur l'amélioration de l'endurance en fatigue en service citées plus haut pour la trempe à température usuelle se retrouvent également ici.

Enfin, tant dans la zone cémentée que hors de la zone cémentée, l'acier selon l'invention a une taille de grain ASTM plus fine que l'acier de référence. De ce fait, il est moins sensible aux risques de grossissement du grain lors d'une cémentation à haute température. Ceci est un avantage très significatif, car le grossissement du grain sur pièces cémentées a un effet extrêmement néfaste sur la tenue en fatigue en pied de dent et sur la ténacité des pièces cémentées. Les aciers selon l'invention sont donc parfaitement aptes à être utilisés pour fabriquer des pièces de pignonnerie (ou de toutes autres pièces pour lesquelles des caractéristiques comparables sont exigées) cémentées ou carbonitrurées à haute température, avec tous les avantages économiques que cela entraîne, sans aucunement sacrifier les performances desdites pièces.

## REVENDEICATIONS

1. Acier pour pièces mécaniques, caractérisé en ce que sa composition est, en pourcentages pondéraux :

- 5                   - 0,19 ≤ C ≤ 0,25% ;
- 1,1 ≤ Mn ≤ 1,5% ;
- 0,8% ≤ Si ≤ 1,2% ;
- 0,01% ≤ S ≤ 0,09% ;
- traces ≤ P ≤ 0,025% ;
- 10               - traces ≤ Ni ≤ 0,25% ;
- 1% ≤ Cr ≤ 1,4% ;
- 0,10% ≤ Mo ≤ 0,25% ;
- traces ≤ Cu ≤ 0,30% ;
- 0,010% ≤ Al ≤ 0,045% ;
- 15               - 0,010% ≤ Nb ≤ 0,045% ;
- 0,0130% ≤ N ≤ 0,0300% ;
- optionnellement traces ≤ Bi ≤ 0,10% et/ou traces ≤ Pb ≤ 0,12%
- et/ou traces ≤ Te ≤ 0,015% et/ou traces ≤ Se ≤ 0,030% et/ou traces ≤ Ca ≤ 0,0050% ;

20 le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique étant ajustée pour que les valeurs moyennes  $J_{3m}$ ,  $J_{11m}$ ,  $J_{15m}$  et  $J_{25m}$  de cinq essais Jominy soient telles que :

$$\alpha = | J_{11m} - J_{3m} \times 14/22 - J_{25m} \times 8/22 | \leq 2,5 \text{ HRC ; et}$$

$$\beta = J_{3m} - J_{15m} \leq 9 \text{ HRC.}$$

25

2. Acier pour pièces mécaniques selon la revendication 1, caractérisé en ce que sa composition est ajustée pour que

$$\beta = J_{3m} - J_{15m} \leq 8 \text{ HRC.}$$

30

3. Acier pour pièces mécaniques selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que

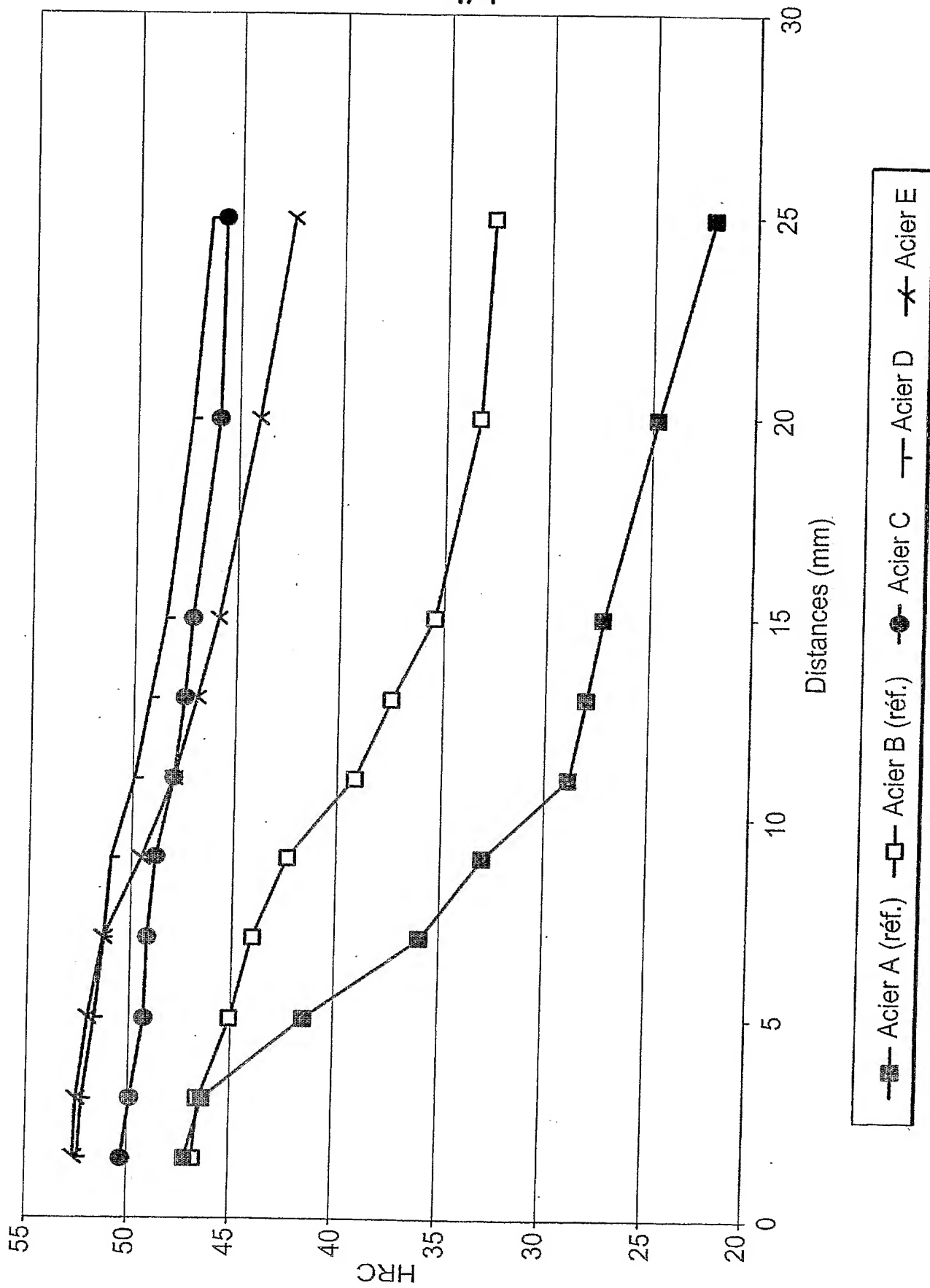
- 0,20% ≤ C ≤ 0,25% ;
- 0,85% ≤ Si ≤ 1,10% ;
- traces ≤ P ≤ 0,020% ;

-  $0,010\% \leq Al \leq 0,035\%$  ;

-  $0,015\% \leq Nb \leq 0,040\%$ .

- 5 4. Procédé de fabrication d'une pièce mécanique en acier cémentée ou carbonitrurée, caractérisé en ce qu'on utilise à cet effet un acier selon l'une des revendications 1 à 3 sur lequel on réalise un usinage, une cémentation ou une carbonitruration puis une trempe.
- 10 5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite cémentation ou carbonitruration a lieu à une température de 950 à 1050°C.
6. Pièce mécanique en acier, caractérisée en ce qu'elle est obtenue par le procédé selon la revendication 4 ou 5.
- 15 7. Pièce mécanique selon la revendication 6, caractérisée en ce qu'il s'agit d'une pièce de pignonnerie.

1/1





26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

► N° Indigo 0 825 83 85 87  
0,15 € TTC/min

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235\*03

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire



DB 113 @ W / 210103

<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		BFF 04P0166
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		04 03038
<b>TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> Acier pour pièces mécaniques, procédé de fabrication de pièces mécaniques l'utilisant et pièces mécaniques ainsi réalisées.		
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> ASCOMETAL		
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>		
<b>1</b> Nom		DAGUIER
Prénoms		Pascal
Adresse	Rue	7, rue du haut de Molleux
	Code postal et ville	15 171 61 51 AUGNY - FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
<b>2</b> Nom		DIERICKX
Prénoms		Pierre
Adresse	Rue	82, rue de Meilbourg
	Code postal et ville	15 171 11 01 THIONVILLE-GARCHE - FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
<b>3</b> Nom		PICHARD
Prénoms		Claude
Adresse	Rue	9, rue de cygnes
	Code postal et ville	15 171 31 01 HAGONDANGE - FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		
7 juillet 2004 Philippe BLOT N° 98-0404		



